

Análisis de parámetros biofísicos a partir de información multispectral. Caso arroyo Corto y arroyo Pescado. Argentina

Analysis of biophysical parameters from multispectral information. Case Arroyo Corto and Arroyo Pescado. Argentina

Alejandra Mabel Gernaldi¹, & Joaquin Agüero² & Federico Gastón Barragan³

Para citar este artículo: Gernaldi, A.M., Agüero, J & Gastón Barragan, F. (2019). Análisis de parámetros biofísicos a partir de información multispectral. Caso arroyo Corto y arroyo Pescado. Argentina. Revista de Topografía Azimut (10), pp xx-xx

Fecha de Recepción: 01 de marzo de 2019

Fecha de Aceptación: 10 de mayo de 2019

Resumen

La teledetección es una herramienta que proporciona las medidas necesarias para el cálculo global del riesgo de estrés térmico e hídrico. Este tipo de instrumentos son importantes en las amplias llanuras templadas del sudoeste bonaerense donde, los cultivos son más afectados por la variación estacional de las temperaturas. El conocimiento de estas, entonces, es de vital importancia para lograr buenos resultados en los rendimientos de los cultivos. El área de estudio corresponde a la cuenca del arroyo Corto y Pescado en el sudoeste bonaerense. El objetivo del trabajo es estimar las variables biofísicas que llevan a la determinación de situaciones de estrés. Se calculó la variación estacional del NDVI y NWDI a partir de imágenes Landsat 8 OLI. Se obtuvo, además, la temperatura de superficie. Se calculó además el índice de estrés hídrico (*temperature dryness vegetation index, TDVI*) que combina la temperatura de superficie e índice de vegetación. De acuerdo con este, la cuenca presenta un déficit alto en las cuatro estaciones, sobre todo en otoño, invierno y primavera. El sector central del área de estudio presenta una leve mejora en cuanto

al déficit en la primavera. Existe un déficit alto y moderado en la gran mayoría de los cultivos.

Palabras clave: parámetros biofísicos, teledetección, Landsat 8, TVDI, cuenca.

Abstract

Remote sensing is a tool that provides the necessary measures for the global calculation of the risk of thermal and water stress. This type of instruments are important in the broad temperate plains of the southwest of Buenos Aires, where crops are more affected by the seasonal variation of temperatures. The knowledge of these, then, is of vital importance to achieve good results in the yields of the crops. The study area corresponds to the basin of the Corto and Pescado stream in the southwest of Buenos Aires. The objective of the work is to estimate the biophysical variables that lead to the determination of stress situations. The seasonal variation of NDVI and NWDI was calculated from Landsat 8 OLI images. The surface temperature was also obtained. It was also calculated the water stress index (TDVI) that combines the surface temperature and vegetation

¹Doctora en Geografía. Posdoctorada en Geoinformática. Especialista en SIG y Teledetección en Recursos Naturales y Medio ambiente. Licenciada en Geografía. Universidad Nacional del Sur, 12 de Octubre y San Juan, Bahía Blanca, Argentina. CONICET. Camino de la Carrindanga km 7. Bahía Blanca, Argentina. Correo electrónico: ageraldi@criba.edu.ar

²Universidad Nacional del Sur, 12 de Octubre y San Juan, Bahía Blanca, Argentina CONICET. Camino de la Carrindanga km 7. Bahía Blanca, Argentina

³Universidad Nacional del Sur, 12 de Octubre y San Juan, Bahía Blanca, Argentina CONICET. Camino de la Carrindanga km 7. Bahía Blanca, Argentina

index. According to this, the basin has a high deficit in all four seasons, especially in autumn, winter and spring. The central sector of the study area shows a slight improvement in terms of the deficit in the spring. There is a high and moderate

deficit in the vast majority of crops.

Keywords: biophysical parameters, remote sensing, Landsat 8, TVDI.

Introducción

La oferta de agua para los ecosistemas agrícolas, forestales e, incluso, acuáticos en la Argentina muchas veces es incierta, de manera particular hacia el comienzo del ciclo anual de lluvias. El índice de vegetación de la diferencia normalizada (NDVI) (Rouse, Hass, Schell y Deering, 1974) es el más utilizado en estudios con teledetección. Este permite identificar la presencia de vegetación verde en la superficie y caracterizar su distribución espacial, así como, la evolución de su estado a lo largo del tiempo (Aguilar, 2014). Donde las condiciones climáticas son estacionales, la evolución temporal del NDVI acompaña de manera estrecha la variación interanual del crecimiento de la vegetación en respuesta a los factores térmico e hídrico (Holzman, Rivas y Bayala, 2014).

La región pampeana argentina manifiesta una tendencia a la expansión agrícola que aumenta los riesgos económicos por su elevada dependencia de las condiciones meteorológicas. A fin de mejorar las predicciones sobre el comportamiento de los cultivos. En este trabajo se estudian las condiciones de estrés hídrico a partir de indicadores.

Gran parte del agua que llega a la Tierra regresa a la atmósfera en forma de vapor directamente por evaporación o a través de las plantas por transpiración. Esta fracción de agua no aprovechable por el hombre es una variable importante dentro del ciclo hidrológico ya que, según las cuencas, puede alcanzar entre un 50% y un 90% de la precipitación (López, 2011). La teledetección

proporciona las medidas necesarias para el cálculo global del riesgo de estrés térmico e hídrico. Estas permiten, además, extender los modelos de cálculo del riesgo de estrés a zonas amplias, donde no se dispone de datos meteorológicos. La temperatura del aire y la precipitación son los parámetros meteorológicos más solicitados, dado que son variables básicas en multitud de estudios medioambientales.

Actualmente, se cuenta con una gran cantidad de datos provenientes de diferentes sensores; unos de los más conocidos son OLI (*operational land imager*) y TIRS (*thermal infrared sensor*) que se encuentran en la misión del Landsat 8. Esta misión posee un histórico de datos térmicos, con resolución espacial media, de gran utilidad en distintos estudios medioambientales, como la gestión de los recursos hídricos mediante la estimación de flujos de energía (Scuderi y Stenta, 2006; Chander y Markham, 2003; Sobrino, Jiménez y Paolinib, 2004; Jiménez-Muñoz *et al.*, 2010). El estudio integrado de los intercambios de energía entre el suelo, la vegetación y los primeros estratos de la atmósfera, supone el punto de partida para un correcto balance hidrológico y de esto una adecuada planificación de los recursos hídricos (Geraldí, Piccolo y Perillo, 2016).

El área de estudio corresponde a la cuenca del arroyo Corto y Pescado. Se localiza en el suroeste bonaerense. Los dos arroyos son subcuencas pertenecientes a la cuenca de Las Encadenadas del Oeste (Geraldí, 2009). Son subcuencas fluviolacustres elongadas cuyos arroyos nacen en la zona de las Sierras de La Ventana y desembocan en la laguna Alsina.

Ocupan una región en la que se presenta un relieve abrupto como las sierras (cuenca alta 1015 m s.n.m.); en el sector medio los arroyos atraviesan la llanura donde la elevación media del área es 400 m s.n.m., en la parte baja de la cuenca la altura media llega hasta los 110 m s.n.m. la cual es una zona deprimida representada por la laguna Alsina (Geraldí, Piccolo y Perillo, 2011).

Método de trabajo

Para el presente estudio se trabajaron cuatro imágenes de la misión Landsat 8, Path: 227 y Row: 86, una para cada estación del año 2014. Se seleccionaron las que tenían una cobertura de nubes menor al 10%. Las fechas de las imágenes son del 15 de enero, 21 de abril, 26 de julio y 15 de noviembre, pertenecientes a 2014.

Se corrigieron a reflectividad TOA y luego a reflectividad superficie las bandas 2, 3, 4, 5. Luego se hizo el recorte del área de estudio. Se calculó la temperatura de brillo y después la temperatura de superficie con la banda 10. Como ya se expresó, las bandas de cada fecha se encuentran en niveles digitales (DN) con una resolución radiométrica de 16 bits. Estas cifras se pueden convertir a valores de radiancia y a reflectancia en el techo de la atmósfera (TOA) con factores de escalas provenientes del metadato. Los valores digitales se convirtieron a radiancia espectral usando los factores de escala provenientes del metadato.

$$L_{\lambda} = M_L * Q_{cal} + A_L \quad (1)$$

Donde, L_{λ} : radiancia espectral; M_L : factor multiplicativo de escalado específico obtenido del metadato; A_L : factor aditivo de escalado específico obtenido del metadato; Q_{cal} : valor del pixel en valores digitales (DN). Los datos del sensor OLI pueden ser convertidos a valores de reflectancia en el tope de la atmósfera (TOA), mediante el uso de los

coeficientes de reflectancia que se encuentran en el metadato, mediante:

$$\rho_{\lambda'} = M_{\rho} * Q_{cal} + A_{\rho} \quad (2)$$

Donde, $\rho_{\lambda'}$: valor de reflectancia TOA planetaria, sin corrección por ángulo solar; M_{ρ} : factor multiplicativo de escalado específico por banda obtenido del metadato; A_{ρ} : factor aditivo de escalado específico por banda obtenido del metadato; Q_{cal} : valor del pixel en valores digitales (DN).

La reflectancia TOA con la corrección por el ángulo de elevación solar es:

$$\rho_{\lambda} = \frac{\rho_{\lambda'}}{\sin(\theta)} \quad (3)$$

Donde, ρ_{λ} : valor reflectancia TOA con corrección ángulo solar; θ : ángulo de elevación solar obtenido del metadato.

Para la conversión a temperatura de brillo se utilizó la información obtenida por el sensor TIRS, que puede ser convertida de radiancia espectral a temperatura de brillo en grados Kelvin (°K) mediante la siguiente fórmula:

$$T_L = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_{\lambda}} + 1\right)} \quad (4)$$

Donde, T_L : temperatura de brillo en grados Kelvin; L_{λ} : radiancia espectral TOA; K_1 : constante térmica de conversión específica por banda obtenida del metadato; K_2 : constante térmica de conversión específica por banda obtenida del metadato.

La ecuación 5 propuesta por Weng, Lu y Schubring (2004) para convertir la temperatura de brillo a temperatura de superficie.

$$T_S = \frac{T_L}{1} + \left(\lambda \times \frac{T_L}{\rho}\right) * \ln \epsilon \quad (5)$$

Donde, T_s : temperatura de superficie corregida con la emisividad; T_L : temperatura de brillo del satélite; λ : longitud de onda

media de la banda termal considerada; y $\rho = h * c / \sigma$ ($1,438 * 10^{-2}$ mK) donde: h: constante de Planck ($6,626 * 10^{-34}$ Js); c: velocidad de la luz ($2.998 * 10^8$ m/s); σ : constante de Boltzman ($1,38 * 10^{-23}$ J/K); ϵ : emisividad de la superficie.

Para el cálculo de la emisividad de la superficie se utilizó la ecuación 6 propuesta por Li (2004):

$$\epsilon = P_V \epsilon_V + (1 - P_V) \epsilon_S \quad (6)$$

Donde, ϵ_V y ϵ_S : emisividades de las cubiertas de vegetación y de suelo. De acuerdo con Rodríguez (2010) se asumió que los valores fueron de 0,985 y 0,978; y P_V : proporción de vegetación que es obtenida a través de la ecuación 7, para el cálculo de la proporción de vegetación propuesta por Carlson (1997).

$$P_V = \left(\frac{NDVI - NDVI_{MIN}}{NDVI_{MAX} - NDVI_{MIN}} \right)^2 \quad (7)$$

Donde, NDVI: índice normalizado de vegetación del área; $NDVI_{MIN}$: valor mínimo que se encuentra en el área de estudio; $NDVI_{MAX}$: valor máximo que se encuentra en el área de estudio.

El índice de vegetación normalizada se calculó mediante las bandas 4 y 5, respectivamente, de Landsat 8.

$$NDVI = \frac{BANDA5 - BANDA4}{BANDA5 + BANDA4} \quad (8)$$

El índice de diferencia normalizada de agua permite estimar el contenido de agua en la vegetación (Chen, 2006). Este índice emplea las bandas 5 y 6 del Landsat 8 y al igual que el NDVI el índice varía entre -1 a 1, los valores mayores indican alto contenido de agua en la vegetación.

$$NDWI = \frac{BANDA5 - BANDA6}{BANDA5 + BANDA6} \quad (9)$$

El TVDI fue desarrollado para establecer el estado de la humedad (sequedad) del sistema suelo planta. El índice toma valores entre 0 y 1, donde 0 indica máxima humedad y 1 alude a máxima sequedad. En la cartografía se representan solo las categorías de TVDI superiores a 0,4. Dentro de este intervalo se señalan los pixeles con déficit leve (TVDI entre 0,4 y 0,6), déficit moderado (TVDI ente 0,6 y 0,8) y déficit alto (TVDI entre 0,8 y 1) (Rivas, 2014).

Resultados y discusión

Los índices de vegetación representan mediciones empíricas de la vigorosidad de la vegetación; son adimensionales. Se construyen a partir del comportamiento espectral de la vegetación en el espectro electromagnético. Este estima el vigor de la vegetación y el grado de cobertura. La región pampeana es el área de producción agrícola por excelencia de la Argentina, la economía de la región, y en gran parte del país depende de la agricultura. Los cultivos predominantes son trigo y maíz, y hacia el este de la cuenca, soja con un calendario variado. En el NDVI que se presenta en la figura 1 se aprecia el ciclo fenológico de los cultivos de la región pampeana. Se observa que del 15/01/14 los valores son bajos, entre 0,2 y 0,4 y corresponderían a zonas donde se cosechó el trigo (figura 1). Los valores más altos corresponden, en general, a zonas con pasturas. En la figura 1D, correspondiente al 11/11/2014, se presentan altos valores de NDVI, en algunos casos superan los 0,6, que coinciden en su mayoría con la vigorosidad del trigo, sobre todo en el sector sur de la cuenca y el desarrollo de cereales y en menor medida de la soja.

En la figura 2 se presenta el índice de diferencia normalizada de agua. Se observa un alto contenido de humedad en abril y noviembre. Este índice muestra variaciones en la cantidad de agua que contienen los distintos

cultivos en sus diferentes etapas de desarrollo.

Como es de esperarse durante el verano los valores de humedad del suelo fueron muy bajos (0). Este comportamiento se debe a las altas temperaturas, los suelos descubiertos de vegetación y la alta evaporación. En julio (figura 2C) al noreste de la cuenca se observa un alto contenido de humedad en el suelo, debido a que son zonas bajas inundadas donde se desarrolla la vegetación hidrófila, entre ellos juncales, caña (familia Poaceae), *scirpus*, etc. Los pivots de riego se pueden identificar si están siendo utilizados o no.

En cuanto a la temperatura (figura 3), los valores más altos se presentan en enero, el cual registró temperaturas máximas de 49 °C (323 °K) en la zona sur de la cuenca donde se localizan las sierras y los suelos descubiertos.

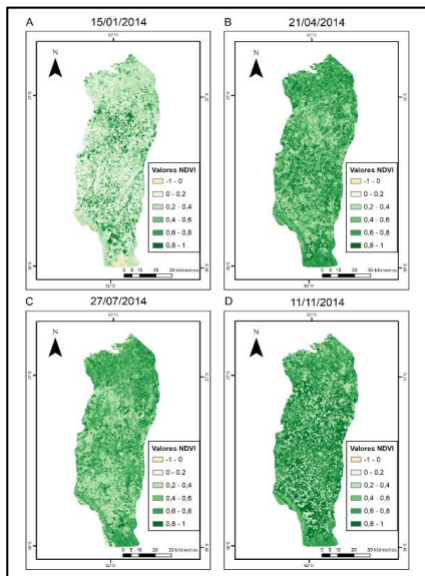


Figura 1: Índice de vegetación normalizado del arroyo Corto y arroyo Pescado.

Fuente: calculado a partir de imágenes Landsat 8 del sensor OLI. A-verano, B-otoño, C-invierno, D- primavera.

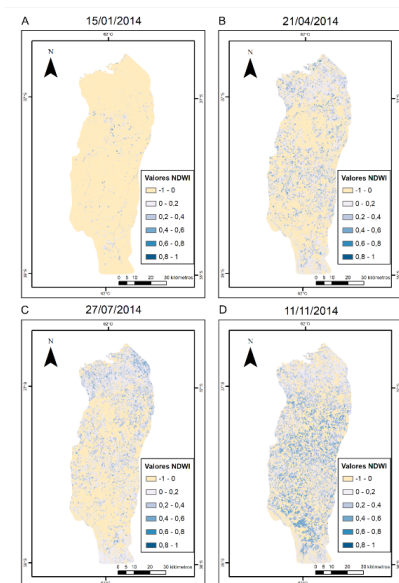


Figura 2: Índice de diferencia normalizada de agua del arroyo Corto y arroyo Pescado.

Fuente: calculado a partir de imágenes Landsat 8 del sensor TIRS. A-verano, B-otoño, C-invierno, D- primavera.

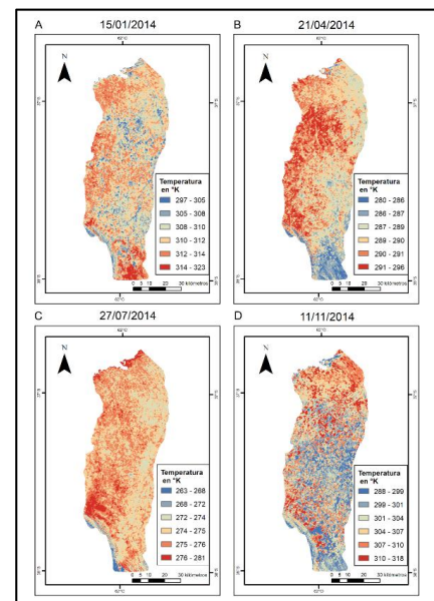


Figura 3: emperatura de superficie de la subcuenca del arroyo Corto y arroyo Pescado.

Fuente: calculado a partir de imágenes Landsat 8 del sensor TIRS. A-verano, B-otoño, C-invierno, D- primavera.

En 2014, en ese sector, se registró un incendio forestal muy grande que afectó gran parte de la reserva provincial Ernesto Tornquist,

ultimo relicto del pastizal pampeano. Se observa, además, (figura 3) que en las zonas de suelo descubierto se registra una mayor temperatura respecto de aquellas áreas con cobertura vegetal, este fenómeno es claro y observable en la figura 3D. En esta última, se aprecia que las temperaturas más bajas se localizan el sector sur y en la cuenca media. Estos registros determinan que muchos cultivos tengan que tener riego. En el análisis del TVDI (figura 4) se observa que existe un déficit alto y moderado en la gran mayoría de los cultivos, a pesar de que fue un año en el que hubo lluvias mayores al promedio anual (1141 mm). Por otro lado, el promedio de las temperaturas máximas para enero fue de 31 °C con temperaturas extremas de 40 °C. Esto probablemente se debió a la desigual distribución de las precipitaciones ocurridas en ese año.

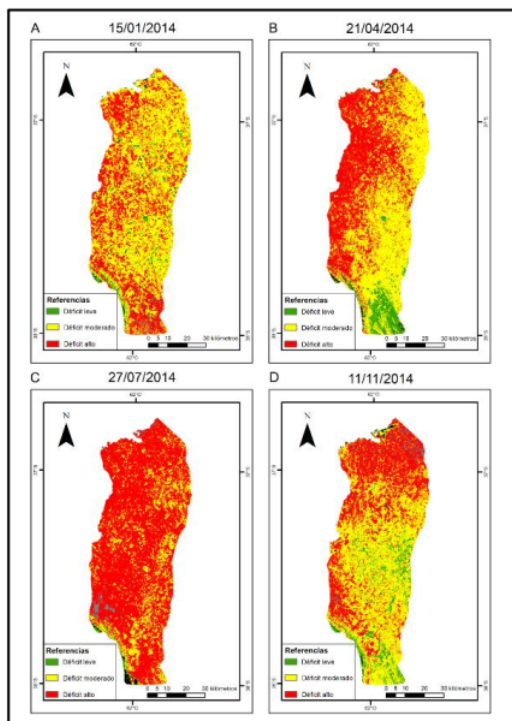


Figura 4: Índice de estrés vegetal del arroyo Corto y arroyo Pescado.

Fuente: calculado a partir de imágenes Landsat 8 de los sensores OLI y TIRS.

A-verano, B-otoño, C- invierno, D-primavera.
primavera.

Conclusiones

De acuerdo con el TDVI, la cuenca presenta un déficit alto en las cuatro estaciones, sobre todo en otoño, invierno y primavera. Y en donde se ve que tiene una mejora en cuanto al déficit es en primavera, en el sector central del área de estudio. El TDVI sirve como otra herramienta de análisis adicional a las ya conocidas, como el NDVI. Además, esta incorpora la variante de la temperatura, con la cual se logra un estudio más amplio. Una de sus grandes utilidades puede ser la de determinar nuevas áreas de riego o relocalizar las ya regadas.

Referencias bibliográficas

- Aguilar, C.G. (2014). *Aplicación de índices de vegetación derivados de imágenes satelitales Landsat 7 ETM+ y ASTER para la caracterización de la cobertura vegetal en la zona centro de la provincia de Loja, Ecuador*. Quito, Ecuador: La Plata.
- Carlson, T.N. (1997). On the Relation between NDVI, Fractional Vegetation Cover, and Leaf Area Index. *Remote Sensing Environment*, 62(3), 241-252.
- Chander, G. y Markham, B. (2003). Revised Landsat 5 TM Radiometric Calibration Procedures and Post-Calibration Dynamic Ranges. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 41(11), 2674-2677.
- Chen, X.L. (2006). Remote sensing image-based analysis of the relationship between urban heat island and land use/cover changes. *Remote Sensing of Environment*, 104(2), 133-146.
- Geraldí, A.M. (2009). *Estudio geoambiental de la cuenca lagunar Las Encadenadas del Oeste*. Bahía Blanca: Universidad Nacional del Sur.

- Geraldí, M., Piccolo M.C. y Perillo G.E. (2011). El rol de las lagunas bonaerense en el paisaje pampeano. *Ciencia Hoy*, 21(123), 8-14.
- Geraldí, A.M., Piccolo, M.C. y Perillo, G.M.E. (2016). Drainage Basin Morphometry of Las Encadenadas del Oeste Lakes, Argentina. *Journal of Geography and Regional Planning*, 9(2), 12-27.
- Holzman, M.E., Rivas, R. y Bayala, M. (2014) Subsurface Soil Moisture Estimation by VI-LST Method. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 11(11), 1951-1955. Recuperado de https://ieeexplore.ieee.org/document/6803861?arnumber=6803861&sortType%3Dasc_p_Seque=
- Jiménez-Muñoz, J.C, Sobrino, J.A., Cristóbal, J., Sòria, G., Ninyerola, M., Pons, X., Hidalgo, V., Franch, B., Romaguera, M., Oltra-Carrió, R., Julien, Y. y Mattar, C. (2010). Obtención de la temperatura de la superficie terrestre a partir de la serie histórica Landsat. *Revista de Teledetección*, 33, 53-63.
- Li, F. (2004). Deriving land surface temperature from Landsat 5 and 7 during SMEX02/SMACEX. *Remote Sensing of Environment*, 92, 521-534.
- López, M.L. (2011). *Análisis de los métodos de estimación de evaporación y evapotranspiración a las condiciones locales de la ciudad de Córdoba*. Santa Rosa, La Pampa: UNLP.
- Rouse, J.W., Hass, R.H., Schell J.A. y Deering, D.W. (1974). Monitoring vegetation systems in the Great Plain with ERTS. En S.C. Fraden, E.P. Marcanti y M.A. Becker (eds.), *Third ERTS-I Symposium* (pp. 309-317). Washington, D.C.: NASA.
- Scuderi C.M. y Stenta H. (2006). Estimación del número de curva a partir de la interpretación de imágenes satelitales de la cuenca del A. Ludueña, Santa Fe, Argentina. *Cuadernos del Curiham*, 12, 15-23.
- Sobrino J.A., Jiménez Muñoz, J.-C. y Paolinib L. (2004). Land surface temperature retrieval from LandsatTM 5. *Remote Sensing and Environment*, 90(4), 434-440.
- Weng, Q., Lu, D. y Schubring, J. (2004). Estimation of land surface temperature-vegetation abundance relationship for urban heat island studies. *Remote Sensing of Environment*, (89), 467-483.